

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Tomat merupakan tanaman hortikultura yang kaya akan gizi dan mineral esensial sehingga cocok untuk biofortifikasi pangan. Tomat memiliki kandungan likopen, beta karoten, lutein, flavonoid, asam fenolat, kalium, serat, protein, rendah lemak dan kalori serta bebas kolesterol (Dewi, 2018). Budidaya tanaman tomat memerlukan cara yang tepat untuk menunjang pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Salah satu teknik budidaya secara intensif yaitu sistem budidaya hidroponik dengan keunggulan penggunaan air dan nutrisi lebih efisien (Alwi *et al.*, 2022).

Keberhasilan pertumbuhan tanaman tomat dalam budidaya hidroponik sangat bergantung pada komposisi dan konsentrasi unsur hara yang diberikan. Salah satu unsur hara esensial yang berperan penting adalah kalium (K) sebagai pengatur tekanan osmotik sel, konduksi stomata, translokasi hasil fotosintesis, aktivasi enzim, respirasi, serta pembentukan kualitas buah (Martinez *et al.*, 2019). Pemberian kalium pada budidaya hidroponik perlu dikelola secara tepat untuk menjaga keseimbangan nutrisi tanaman. Aplikasi dosis nutrisi secara berlebih dapat beresiko meningkatkan biaya produksi dan menyebabkan ketidakseimbangan penyerapan unsur hara lainnya (Wu *et al.*, 2023). Kandungan kalium pada buah tomat dapat membantu terpenuhinya kebutuhan nutrisi pada tubuh manusia. Kekurangan kalium pada tubuh manusia menyebabkan abnormalitas metabolisme tubuh sedangkan kelebihan kalium pada tubuh juga dapat beresiko batu ginjal, kanker, prostat, dan penumpukan kalium di pembuluh darah (Sakina *et al.*, 2022). Menurut *Word Health*

*Organizaion* (WHO) kebutuhan kalium bagi tubuh normal sekitar 3510 mg/hari, sedangkan bagi penderita gagal ginjal dibatasi hingga 1500 mg/hari. Masalah kesehatan tersebut mendorong penelitian untuk menemukan konsentrasi kalium yang tepat untuk perbaikan makanan pasien dialisis tanpa menurunkan respon fisiologis maupun kualitas tanaman tomat.

Penurunan konsentrasi kalium berpotensi menyebabkan cekaman defisiensi hara yang dapat memicu penurunan aktivitas fisiologis pada tanaman. Defisiensi kalium menyebabkan penurunan konduktansi stomata sehingga menghambat asimilasi CO<sub>2</sub> dan meningkatkan akumulasi *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang merusak integritas membran sel, ditandai dengan melonjaknya kadar *Malondialdehyde* (MDA) (Alrashidi, 2024). Upaya untuk mencegah terjadinya stres tanaman di lahan dengan berbagai cara, salah satunya pemberian unsur selenium. Aplikasi selenium efektif bertindak sebagai elisitor yang mengaktifasi sistem pertahanan antioksidan, seperti *Superoxide Dismutase* (SOD), serta memicu akumulasi proline untuk menjaga osmoregulasi sel tanaman di bawah kondisi cekaman lingkungan (Elkelish *et al.*, 2019). Selenium merupakan unsur bermanfaat (*beneficial element*) yang pada konsentrasi rendah diketahui mampu meningkatkan aktivitas fisiologis tanaman. Selenium (Se) merupakan *beneficial nutrient* yang berperan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap berbagai stres oksidatif, mendorong pertumbuhan, memperbaiki status nutrisi tanah, meningkatkan kadar antioksidan tanaman, dan berpartisipasi dalam proses transpirasi (Samynathan *et al.*, 2023). Selenium bertindak pro-oksidan yang menghambat pertumbuhan tanaman melalui pengacauan metabolisme primer pada konsentrasi yang lebih tinggi (Ribeiro *et al.*, 2016).

Pemberian selenium diharapkan mampu meningkatkan toleransi tanaman tomat terhadap kondisi cekaman serta membantu mempertahankan performa

fisiologis tanaman. Penelitian sebelumnya oleh Shiriaev *et al.* (2022) aplikasi  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  pada konsentrasi 10 ppm berpengaruh nyata dalam meningkatkan kandungan selenium dalam buah, asam askorbat (vitamin C), dan aktivitas enzim antioksidan. Penelitian mengenai selenium dalam toleransi tanaman akibat stress salinitas yang dilakukan oleh Astaneh *et al.* (2018) pada tanaman bawang putih diperoleh bahwa pemberian natrium selenate konsentrasi 2 ppm menunjukkan indeks klorofil tertinggi, meningkatkan kandungan karotenoid, kandungan air relatif, peningkatan konsentrasi K dan penurunan Na pada daun dan akar. Penelitian kombinasi kalium dan selenium terhadap cekaman kekeringan oleh Alrashidi (2024) pada tanaman gandum (*Triticum aestivum*) menunjukkan bahwa K+Se pada cekaman kekeringan akibat PEG dapat meningkatkan kandungan klorofil total, konduktansi stomata, laju fotosintesis, aktivitas enzim antioksidan. Namun sejauh ini, belum ada peneliti ilmiah yang menunjukkan pengaruh pemberian selenium pada tomat terhadap *deficiency* unsur makro khususnya kalium. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mencoba pemberian selenium terhadap tanaman tomat dengan penurunan konsentrasi kalium. Secara keseluruhan urgensi penelitian ini dilakukan untuk memastikan respon fisiologis tanaman tomat terhadap perbedaan konsentrasi rendah kalium dan pemberian selenium sebagai toleransi stresnya.

## **1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Mengkaji respon fisiologis tanaman tomat akibat konsentrasi kalium dengan sistem hidroponik.

- 2) Mengkaji respon fisiologis tanaman tomat pada tingkat konsentrasi selenium dengan sistem hidroponik.
- 3) Mengkaji interaksi konsentrasi kalium dan selenium terhadap fisiologis tanaman tomat.

Manfaat penelitian ini adalah :

- 1) Memberikan informasi tentang respon fisiologis tanaman tomat akibat konsentrasi kalium dengan sistem hidroponik.
- 2) Memberikan informasi tentang respon fisiologis tanaman tomat pada tingkat selenium dengan sistem hidroponik.
- 3) Memberikan informasi tentang interaksi konsentrasi kalium dan selenium terhadap fisiologis tanaman tomat.

### **1.3. Hipotesis Penelitian**

Hipotesis dari penelitian ini adalah :

- 1) Diduga konsentrasi kalium 222 ppm memberikan respon yang baik terhadap fisiologis tanaman tomat dengan sistem hidroponik.
- 2) Diduga konsentrasi selenium 6 ppm memberikan respon yang baik dalam meningkatkan ketahanan fisiologis tanaman tomat dengan sistem hidroponik.
- 3) Diduga terdapat interaksi antara konsentrasi kalium dan selenium dalam mempertahankan keseimbangan fisiologis tanaman tomat dengan sistem hidroponik.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.)

Tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.) merupakan salah satu komoditas sayuran yang memiliki nilai ekonomi dan kandungan gizi yang tinggi. Tanaman tomat dapat menunjang ketersediaan pangan dan kecukupan gizi masyarakat karena rasanya segar serta mengandung vitamin A, C dan B (Ziladi *et al.*, 2021). Tanaman tomat merupakan tanaman semusim yang termasuk dalam famili solanaceae. Klasifikasi tanaman tomat menurut (Cronquist, 1981) sebagai berikut:

|           |                                  |
|-----------|----------------------------------|
| Kingdom   | : Plantae                        |
| Divisi    | : Tracheophyta                   |
| Subdivisi | : Spermatophytina                |
| Kelas     | : Magnoliopsida                  |
| Ordo      | : Solanales                      |
| Famili    | : Solanaceae                     |
| Genus     | : Solanum                        |
| Spesies   | : <i>Solanum lycopersicum</i> L. |

Tanaman tomat cocok dibudidayakan pada dataran rendah ataupun tinggi tergantung dari varietasnya. Tanaman tomat tumbuh optimal di daerah subtropis dengan kisaran ketinggian 100 – 1500 mdpl dan tumbuh optimal di ketinggian lebih dari 750 mdpl (Ajuai *et al.*, 2021). Tanaman tomat dapat tumbuh optimal pada kondisi lahan dan agroklimat yang sesuai dengan syarat tumbuh. Tanaman tomat

dapat tumbuh optimal pada kondisi curah hujan 750 – 1250 mm/tahun dan paparan cahaya selama 10 – 12 jam dengan intensitas cahaya 0,25 mj/m<sup>2</sup> dalam sehari (Kusrini dan Aryuni, 2020). Suhu optimum yang dibutuhkan oleh tanaman tomat yaitu 24° – 30°C. Kelembaban relatif untuk pertumbuhan tanaman tomat yaitu sekitar 80% dengan suhu optimum 24° – 30°C (Nusantara *et al.*, 2021).

Morfologi tanaman tomat yaitu memiliki sistem perakaran kuat terdiri dari akar tunggang dan akar serabut. Tomat merupakan tanaman dikotil dengan sistem perakaran tunggang yang mampu menembus dalam tanah tumbuh secara vertikal, sedangkan akar serabut tumbuh dangkal ke samping (Pratiwi *et al.*, 2023). Tekstur batang tomat lunak berbentuk persegi empat hingga bulat. Batang tanaman tomat berbentuk persegi empat hingga bulat, berstruktur lunak, bewarna hijau, berbulu dan diantara bulu-bulu tersebut terdapat kelenjar (Kesumawati *et al.*, 2022). Daun tanaman tomat memiliki struktur daun majemuk yang tersusun secara berselang-seling atau spiral di sekeliling batang tanaman. Daun tanaman tomat berwarna hijau dengan tepi daun bergerigi membentuk celah-celah menyirip yang terdiri dari daun majemuk ganjil berjumlah 5 – 7 helai (Azhari *et al.*, 2025).

Bunga tomat berwarna kuning termasuk bunga majemuk dan bersifat hermaprodit dimana dalam satu bunga terdapat putik dan benang sari. Ciri bunga tanaman tomat yaitu berwarna kuning, tersusun dompolan (5 – 10 bunga), bunga sempurna dapat menyerbuk sendiri (Wahyurini dan Suryawati, 2021). Buah tomat termasuk jenis buah buni berwarna hijau ketika masih muda dan berbulu serta relatif keras, namun setelah tua akan berwarna merah muda, merah, atau kuning, cerah dan mengilat, serta relatif lunak. Buah tomat berbentuk lonjong, bulat pipih, atau

oval serta memiliki diameter sekitar 2 – 15 cm (Salingkat *et al.*, 2020). Biji tomat berada di dalam daging buah dan berbentuk pipih. Biji tanaman tomat merupakan biji dikotil yang berbentuk pipih, berbulu dan diselimuti oleh daging buah (Susilowati *et al.*, 2017).

## **2.2. Unsur Kalium**

Kalium merupakan unsur hara makro bagi tanaman sebagai pengatur terjadinya fotosintesis dalam pembentukan karbohidrat. Unsur kalium adalah salah satu unsur hara makro tanaman yang berperan penting dalam proses metabolisme, mulai dari fotosintesis, translokasi asimilat hingga pembentukan pati, protein, dan aktivator enzim (Wirayuda *et al.*, 2023). Unsur kalium dibutuhkan bagi tanaman dalam jumlah yang banyak. Kalium sangat penting keberadaannya dalam tanah untuk produktivitas dan kesuburan tanah serta sebagai katalis yang mempercepat unsur hara lain tersedia bagi tanaman (Punuindoong *et al.*, 2023).

Unsur K di dalam tanaman memiliki peranan yang sangat penting terutama dalam pembentukan pati dan sintesis protein. Unsur kalium berperan sebagai pengatur proses fisiologi tanaman seperti fotosintesis, akumulasi, translokasi, transportasi karbohidrat, membuka menutupnya stomata, atau mengatur distribusi air dalam jaringan dan sel (Mautuka *et al.*, 2022). Kalium berperan penting sebagai penyokong pertumbuhan tanaman pada fase generatif. Pemberian unsur hara kalium dapat memperkuat bagian tanaman agar tidak mengalami kerontokan seperti daun, bunga dan buah (Nurwanto *et al.*, 2017).

Ketersediaan unsur kalium dalam tanah sangat dipengaruhi oleh beberapa

faktor seperti jenis tanah, pH, kelembaban, dan kandungan bahan organik. Kandungan kalium dalam tanah sangat bervariasi tergantung pada sifat-sifat tanah, antara lain bahan induk tanah, kadar dan jenis liat, kadar bahan organik, drainase dan kapasitas tukar kation (KTK) (Aibekob *et al.*, 2024). Kalium di dalam tanah tersedia dalam bentuk yang berbeda yaitu kalium dalam mineral tanah yang sulit tersedia, kalium yang dapat dipertukarkan, dan kalium larut yang langsung diserap oleh tanaman. Nilai K dalam tanah berkisar antara 0,5 – 2,5% sekitar 90 – 98% dari K tersebut terdapat dalam bentuk tidak tersedia, 1 – 10% dalam bentuk lambat tersedia dan 1 – 2% dalam bentuk mudah tersedia (Putri dan Pinaria, 2021). Kekurangan unsur hara kalium pada tanaman dapat mempengaruhi proses fisiologi tanaman seperti terhambatnya fotosintesis. Kurangnya unsur hara kalium di dalam tanah akan mengakibatkan pertumbuhan tanaman tomat menjadi lemah, buah muda rontok dan ukuran buah kecil (Ambarwati *et al.*, 2020).

### **2.3. Selenium**

Selenium (Se) merupakan salah satu unsur mikronutrien yang berperan penting bagi hewan, tanaman dan manusia dalam jumlah sangat kecil. Selenium merupakan unsur bermanfaat (*beneficial element*) yang menguntungkan bagi tanaman pada konsentrasi rendah, namun jika terjadi penggumpalan Se di permukaan air atau tanah dapat menjadi sumber toksisitas (Asgher *et al.*, 2023). Selenium adalah metaloid yang terjadi secara alami dari batuan sedimen di daerah kering. Selenium terbentuk dari pecahan batuan induk, bahan organik, atmosferik dan antropogenik (Ryant *et al.*, 2020). Ketersediaan selenium di dalam tanah

bervariasi karena dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Selenium (Se) merupakan unsur mineral yang terdapat di dalam tanah sebesar 0,01 – 2 mg/kg, ketersediaannya dipengaruhi oleh pH tanah, potensial redoks tanah, volatilisasi unsur, serta total selenium di dalam tanah (Kusumaningrum *et al.*, 2016). Bentuk selenium didalam tanah terbagi menjadi dua yaitu selenium anorganik dan organik. Kandungan selenium dalam tanah diklasifikasikan menjadi dua berdasarkan asalnya yaitu anorganik (selenium, selenites, selenates) dan organik yang berasal dari pembusukan organisme hewan dan tumbuhan (Titov *et al.*, 2022).

Selenium pada tanaman memberikan pengaruh positif berupa mengatur regulasi ROS (*Reactive Oxygen Species*), mempertahankan struktur dan fungsi sel, menurunkan *metal toxicity*, meningkatkan aktivitas fotosintesis, meringankan kondisi stres (kekeringan, stres air, dan stres abiotik) menggunakan fungsi antioksidan (Ryant *et al.*, 2020). Kemampuan tanaman menyerap unsur selenium digolongkan menjadi tiga yaitu *Se non-accumulators* (mampu menyerap 0,01 – 1,0 mg Se/kg bahan), *secondary Se accumulators* (mampu menyerap 25 – 200 mg Se/kg bahan kering), dan *Se hyper-accumulators* (mampu menyerap 100 – 10000 mg Se/kg bahan kering) (Hossain *et al.*, 2023). Selenium yang dapat diserap oleh tanaman dalam bentuk selenite ( $\text{SeO}_3^{2-}$  atau  $\text{S}^{4+}$ ) dan selenate ( $\text{SeO}_4^{2-}$  atau  $\text{Se}^{+6}$ ). Penyerapan selenium oleh tanaman melalui sel akar melalui *rhizosphere* yang kemudian akan masuk ke jalur transport sulfur pada penyerapan selenite ( $\text{Se}^{+6}$ ) dan transport fosfat pada penyerapan selenite ( $\text{Se}^{4+}$ ). Selenate dan selenite ketersediaannya dalam tanah bergantung pada pH tanah. Selenate tersedia pada pH asam yaitu dibawah 6, sedangkan selenite cenderung pada tanah yang bersifat asam.

## BAB III

### MATERI DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 17 Desember 2025 – 9 April 2026 di Greenhouse SMK Negeri H. Moenadi Ungaran (SPMA), Kecamatan Ungaran Barat, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Analisis parameter pengamatan dilaksanakan di Laboratorium Fisiologi dan Pemuliaan Tanaman, Departemen Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.

#### 3.1. Materi Penelitian

Materi yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari alat dan bahan. Bahan yang digunakan adalah benih tomat varietas Servo F1, *cocopeat*, *polybag* ukuran  $30 \times 30$  cm, air, *yellow trap*, pupuk kalsium nitrat,  $\text{KNO}_3$ , Fe, magnesium sulfat, kalium klorida, Zn, Mn, Cu, kalium sulfat, boron, natrium molibdat, sodium selenate,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , fungisida berbahan aktif propineb, fungisida berbahan aktif azoksistrobin dan difenokonazol, insektisida berbahan aktif profenofos, bakterisida berbahan aktif streptomisin sulfat, insektisida berbahan aktif karbofuran,  $\text{H}_2\text{O}_2$  (hidrogen peroksida) 50%, alkohol 70%, aseton 80%, kuteks, kertas saring, asam perklorat, asam nitrat, dd $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , asam ninhydrin, asam sulfosalisilat, TCA, TBA, NaOH, EDTA-2Na, methionine, NBT, riboflavin,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , fenoftalein, HCl. Alat yang digunakan adalah *tray* semai untuk penyemaian benih, ember untuk wadah nutrisi, gelas ukur untuk mengukur pemberian air dan nutrisi tanaman tomat, sekop untuk memasukan *cocopeat* ke dalam *polybag*, ember untuk wadah larutan nutrisi, drijen untuk wadah larutan stok nutrisi, label tanaman untuk memberikan keterangan tiap

perlakuan, amplop coklat untuk wadah sampel pasca panen, TDS meter untuk mengukur EC nutrisi, pH meter, ajir untuk penyangga tanaman, *sprayer* untuk menyemprotkan pestisida, timbangan digital untuk menimbang hasil buah tomat, timbangan analitik untuk menimbang bahan dan sampel, gunting untuk pemangkasan tanaman, spektrofotometer UV-Vis untuk mengukur absorbansi dan transmisi cahaya pada sampel uji, kuvet kuarsa untuk wadah larutan sampel dalam pengujian spektrofotometer UV-Vis, mortar dan alu untuk menghaluskan sampel, oven untuk mengeringkan sampel, pipet untuk mengambil sampel cair, tube 1,5 ml untuk wadah sampel, *Analytik Jena ScanDrop (Nano Drop)* untuk uji enzimatis, *water bath* untuk memanaskan sampel, *cooling centrifuge* untuk pemurnian protein, termohigrometer untuk mengukur suhu dan kelembaban udara dalam *greenhouse*, lux meter untuk mengukur intensitas cahaya, alat tulis dan *handphone* untuk mencatat dan dokumentasi kegiatan.

### 3.2. Metode Penelitian

#### 3.2.1. Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Percobaan Faktorial yang disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL)  $4 \times 3$ , sehingga terdapat 12 kombinasi perlakuan. Faktor pertama adalah konsentrasi kalium dengan 4 taraf :

K1 : 111 ppm

K2 : 166 ppm

K3 : 222 ppm

K4 : 277 ppm

Faktor kedua adalah konsentrasi selenium dengan 3 taraf:

S1 : 0 ppm

S2 : 6 ppm

S3 : 12 ppm

Tahap kombinasi perlakuan memiliki 3 kali ulangan sehingga terdapat 36 unit percobaan. Setiap unit terdiri dari 5 tanaman sehingga total tanaman yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah 180 tanaman tomat.

### 3.2.2. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu persiapan *greenhouse*, persiapan media tanam, pembuatan larutan nutrisi, persemaian, penanaman, pemeliharaan, pemberian perlakuan selenium, pemanenan, pengambilan data, dan analisis data.

**Persiapan *greenhouse*.** Melakukan pembersihan *greenhouse* dengan menyapu seluruh ruangan *greenhouse* dan sterilisasi dengan penyemprotan disinfektan pada waktu seminggu sebelum penanaman untuk menghilangkan kontaminasi hama penyakit tanaman. Kemudian dilanjutkan pemasangan ajir dan *yellow trap*. Sterilisasi *greenhouse* dilakukan dengan cara penyemprotan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% sebanyak 960 ml dalam 16L air dicampur dengan insektisida berbahan aktif profenofos 500 g/L (2 g/L), fungisida berbahan aktif propineb 70% (2 g/L), dan bakterisida berbahan aktif streptomisin sulfat 20% (2 g/L).

**Persiapan media tanam.** Media tanam yang di gunakan dalam budidaya tomat hidroponik adalah *cocopeat* yang telah diisi <sup>3</sup>/<sub>4</sub> ke dalam *polybag* ukuran 30

× 30 cm. Cocopeat disterilisasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% sebanyak 960 ml dalam 16L air. Selanjutnya dilakukan pengocoran *cocopeat* dengan air baku secara berkala 2 – 3 kali dengan tujuan untuk menghilangkan zat tanin (racun) dalam *cocopeat*. Sterilisasi media tanam dengan dikocor setiap polybag 500 mL menggunakan fungisida berbahan aktif propineb dengan dosis 1 g/L dan bakterisida berbahan aktif streptomisin sulfat dengan dosis 1 g/L serta diberi pupuk kalsium nitrat dengan dosis 5,6 g/L untuk menguatkan perakaran tomat dan tidak terserang jamur. Pemberian fungisida berbahan aktif karbofuran 3 % dengan dosis 1 gram kedalam lubang tanaam sebelum bibit tanaman tomat dimasukan.

**Pembuatan larutan nutrisi.** Nutrisi yang digunakan sesuai dengan formula nutrisi Steiner (1984) yang mengandung unsur hara makro N 167 ppm; P 31 ppm; S 111 ppm; Ca 183 ppm; Mg 49 ppm. Sedangkan unsur hara mikro Mn 0,62; Cu 0,02; B 0,44; Zn 0,11; Fe 5 ppm; Mo 0,048 ppm. Larutan stok nutrisi dilakukan pengenceran dengan air baku hingga mencapai konsentrasi yang diinginkan sebelum diaplikasikan pada tanaman.

**Persemaian benih.** Benih tomat direndam dengan air selama satu jam kemudian benih yang tenggelam disemai pada *tray* semai 50 lubang dimana setiap lubang diisi satu benih dengan media tanam *cocopeat*. *Tray* semai diletakan di tempat yang teduh dan tidak terkena sinar matahari langsung. Kemudian disiram secara dua kali sehari agar media tetap lembab.

**Penanaman.** Setelah benih semai berumur 28 Hari Setelah Semai atau telah memiliki 4 – 6 daun, tanaman tomat dipindahkan ke dalam *polybag* 30 × 30 cm dengan media tanam *cocopeat*. *Polybag* disusun sesuai dengan unit percobaan,

jarak tanaman tomat antar unit percobaan 60 cm dan antar tanaman se-unit 35 cm.

**Pemeliharaan.** Pemeliharaan tanaman tomat berupa pemangkasan tunas air, pengendalian hama penyakit dan penyiraman. Pemangkasan tunas air yang berada di batang utama dan daun dilakukan setiap setiap hari. Pengendalian hama ulat tanaman tomat dilakukan secara fisik atau penyemprotan insektisida berbahan aktif profenofos 500 g/L dengan dosis 2 ml/L tiap dua minggu sekali. Pemberian nutrisi dan air yang dilakukan secara kocor pada pagi dan sore hari. Tanaman diberikan nutrisi Steiner (1984) yang mengandung N 167 ppm; P 31 ppm; S 111 ppm; Ca 183 ppm, Mg 49 ppm; Mn 0,62 ppm; Cu 0,02 ppm; B 0,44 ppm; Zn 0,11 ppm; Fe 5 ppm; Mo 0,048 dan unsur K dibuat sesuai dengan perlakuan, diaplikasikan mulai tanaman berumur 1 MST dan pH dipertahankan antara 5,5 – 6,5. Kepekatan larutan diukur setiap minggu dengan rentang 500 – 1500 ppm, pada saat penyemaian kepekatan 500 ppm, fase vegetatif 1000 ppm, dan fase generatif 1500 ppm (Rahmadani *et al.*, 2021). Kebutuhan air dan nutrisi tanaman tomat setiap fase tersaji dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Air dan Nutrisi Tomat Per Tanaman

| Fase Tanaman                 | Waktu Penyiraman | Volume Air Baku | Volume Nutrisi | Konsentrasi Nutrisi |
|------------------------------|------------------|-----------------|----------------|---------------------|
|                              |                  | ----- ml -----  | -----          | ----- ppm -----     |
| Awal tanam<br>(1 – 15 HST)   | Pagi             | -               | 240            | 500                 |
|                              | Sore             | 550             | -              |                     |
| Pertengahan<br>(16 – 45 HST) | Pagi             | -               | 750            | 1000                |
|                              | Sore             | 750             | -              |                     |
| Akhir<br>(46 – 75 HST)       | Pagi             | -               | 800            | 1500                |
|                              | Sore             | 270             | -              |                     |

**Pengaplikasian selenium.** Pemberian perlakuan selenium menggunakan

Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> sebanyak 200 ml/tanaman melalui kocor pada media tanam (*cocopeat*) sesuai dengan konsentrasi perlakuan. Waktu aplikasi selenium diberikan pada fase vegetatif yaitu pada 15 HST (Rangel *et al.*, 2021).

**Pemanenan.** Panen tomat dilakukan setelah tanaman berumur 60 HST, dengan dipanen setiap 2 – 3 hari sekali sampai buah habis. Kriteria tomat yang siap panen yaitu ukuran buah yang optimal, warna kulit buah merah, dan buah mudah terlepas dari tangkai.

**Parameter Penelitian.** Parameter yang diamati yaitu parameter fisiologis meliputi laju asimilasi bersih (LAB), kandungan klorofil total, karotenoid daun, densitas stomata, serapan K jaringan tanaman, serapan K buah, lebar bukaan stomata, kandungan prolin, kadar malondialdehid (MDA), aktivitas superoksida dismutase (SOD), aktivitas katalase (CAT), laju respirasi buah, susut bobot buah.

#### a. Parameter Fisiologis Tanaman

Pengukuran parameter fisiologi dilakukan sebagai berikut:

##### 1. Laju Asimilasi Bersih (LAB) (mg.cm<sup>-2</sup>/hari)

Laju asimilasi bersih diukur pada saat tanaman tomat berumur 14 HST dan 90 HST. Perhitungan Laju Asimilasi Bersih dengan rumus (Mahmudi *et al.*, 2022):

$$LAB = \frac{W_2 - W_1}{T_1 - T_2} \times \frac{\ln LA_2 - \ln LA_1}{LA_2 - LA_1}$$

Keterangan:

W = Bobot total bahan kering tanaman (mg)

T = Umur pengamatan tanaman (hari)

LA = Luas area daun (cm<sup>2</sup>)

## 2. Kandungan Klorofil Total (mg/g)

Pengukuran klorofil dilakukan pada tanaman berumur 30 HST menggunakan spektrofotometri, sampel daun dari tanaman tomat dihaluskan sebanyak 1 gram dan diekstraksi dengan aseton 80%. Ekstrak kemudian disaring dengan kertas saring, hasil filtrat dimasukkan kedalam kuvet dan spektrofotometer menggunakan panjang gelombang 645 nm dan 663 nm. Perhitungan klorofil dengan rumus (Harborne, 1987):

$$\text{Klorofil a (mg/g)} = [(12,7 \times A_{663}) - (2,69 \times A_{645})]$$

$$\text{Klorofil b (mg/g)} = [(22,9 \times A_{645}) - (4,68 \times A_{663})]$$

$$\text{Klorofil total (mg/g)} = \text{klorofil a} + \text{klorofil b}$$

## 3. Karotenoid Daun ( $\mu\text{mol/g}$ )

Pengukuran karotenoid dilakukan pada tanaman berumur 30 HST dengan menggunakan hasil pembacaan spektrofotometri menggunakan panjang gelombang 480 nm dan dilanjutkan dengan rumus (Lichtenthaler dan Wellburn, 1983):

$$\text{Karotenoid } (\mu\text{mol/g}) =$$

$$\frac{((A_{480} + 0,114) - (1,29 \times \text{Chlorophyl a}) - (53,78 \times \text{Chlorophyl b}))}{220}$$

## 4. Densitas Stomata ( $\text{stomata/mm}^2$ )

Pengukuran densitas stomata dilakukan pada tanaman berumur 30 HST. Daun bawah tanaman dioleskan kuteks dan ditempel solastip untuk mengambil stomata, kemudian ditempelkan pada kaca preparat. Stomata diamati pada perbesaran  $40\times$  pada dengan luas bidang pandang  $0,0513 \text{ mm}^2$ . Perhitungan densitas stomata dengan rumus (Miller dan Ashby, 1968):

$$\text{Densitas Stomata} = \frac{\text{Jumlah Stomata}}{\text{Luas Bidang Pandang}}$$

Luas bidang pandang dan hasil foto optiklab mikroskop dikalibrasi aplikasi ImageRaster dengan hasil perhitungan (Marantika *et al.*, 2021):

$$\begin{aligned}\text{Luas bidang pandang} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\ &= 262,32 \mu\text{m} \times 196,36 \mu\text{m} \\ &= 0,262 \text{ mm} \times 0,196 \text{ mm} \\ &= 0,0513 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

#### 5. Lebar Bukaan Stomata

Pengamatan lebar bukaan stomata dilakukan dengan cara mengambil sampel daun tomat pada umur 30 HST di waktu pagi hari. Permukaan bawah daun diolesi kuteks dan dibiarkan hingga mengering, kemudian dipetik dan dimasukkan dalam cool box. Permukaan bagian bawah daun dibuat irisan memanjang dan hasilnya diletakan di atas preparat kemudian ditutup dengan kaca penutup. Sampel dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop dan pengukuran lebar bukaan stomata menggunakan program Image Raster tipe 3.0 (Taluta *et al.*, 2017).

#### 6. Serapan K Jaringan Tanaman

Pengukuran kandungan K dalam jaringan tanaman tomat dengan cara mengeringkan seluruh bagian tanaman tomat pada oven suhu 105°C selama 24 jam. Haluskan sampel dan ditimbang seberat 0,5 gram, dilarutkan dengan 5 ml asam nitrat dan 0,5 ml asam perklorat kemudian didiamkan semalam, setelah itu di destruksi dan konsentrasi K diukur menggunakan flamefotometer, kemudian dihitung dengan menggunakan rumus (Sulaeman

*et al.*, 2005). Rumus serapan K pada jaringan tanaman sebagai berikut:

$$\text{Serapan K Jaringan (g)} = \text{Kadar hara K (\%)} \times \text{bobot kering (g)}$$

#### 7. Serapan K Buah

Serapan kalium dihitung dengan cara mengeringkan buah tomat menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Konsentrasi K dalam buah tomat ditetapkan dengan cara menumbuk dan menimbang bahan kering buah sebanyak  $\pm 0,5$  g, setelah itu dilarutkan dengan 5 ml asam nitrat dan 0,5 ml asam perklorat kemudian didiamkan semalam, setelah itu didestruksi dan konsentrasi K diukur menggunakan flamefotometer. Serapan kalium buah dihitung dengan rumus (Sulaeman *et al.*, 2005):

$$\text{Serapan Kalium Buah (mg/g)} = \text{Kadar hara K (\%)} \times \text{bobot kering buah (g)}$$

#### 8. Kandungan Prolin

Sampel daun diambil ketika tanaman telah berbunga 50%. Persiapkan reagen yaitu 100 Mm PBS (pH 7.0), 2,5% asam ninhydrin, 3% asam sulfosalisilat, kemudian siapkan larutan reaksi yang mengandung 10 ml asam sulfosalisilat 3%, 10 ml asam asetat, 20 ml asam ninhydrin 2,5%. Tambahkan 50  $\mu$ l ekstrak protein/enzim kasar dari setiap sampel kedalam 1 ml larutan reaksi pada tabung sentrifus 1,5 ml. Rebus campuran reaksi hingga mendidih selama 15 menit dengan hot plate stirer. Dinginkan campuran reaksi di atas es selama 5 menit. Pipet 200  $\mu$ l campuran reaksi dan ukur absorbansi pada 520 nm dengan scandrop 250. Siapkan kurva L-Prolin (0, 5, 10, 15, 20, 25 dan 30  $\mu$ g) yang dilarutkan dalam 0,5 ml ddH<sub>2</sub>O ditambahkan pada 1 ml larutan reaksi untuk mengukur absorbansi pada 520 nm. Tentukan kandungan prolin pada sampel

uji terhadap kurva standar L-Prolin. Uji kandungan prolin dilakukan menggunakan metode (Tianzi dan Baolong, 2016).

#### 9. Kadar Malondialdehid (MDA)

Persiapkan reagen 10% TCA dan 0,25% TBA, kemudian tambahkan 100 µl ekstrak protein/enzim kasar dari setiap sampel ke dalam 1 ml larutan TBA 0,25% dalam tabung sentrifus 1,5 ml. Sebanyak 1 ml larutan TBA 0,25% dengan 100 µl PBS 100 mM (pH 7,8). Didihkan campuran reaksi selama 15 menit kemudian dinginkan campuran reaksi di atas es selama 5 menit. Pipet 200 µl campuran reaksi dan ukur absorbansi pada 532 nm dan 600 nm dengan Analytik Jena ScanDrop 250 (Tianzi dan Baolong, 2016).

$$\text{MDA (nmol/mg protein)} = (A_{532} - A_{600}) \times V_r \times \frac{(V/V_t)}{155} \times \frac{1000}{C_p}$$

Keterangan:

A<sub>532</sub> = Absorbansi pada 532 nm

A<sub>600</sub> = Absorbansi pada 600 nm

V<sub>r</sub> = Volume campuran reaksi

V = Volume total larutan enzim kasar

V<sub>t</sub> = Volume enzim kasar yang digunakan dalam tabung reaksi

C<sub>p</sub> = Konsentrasi protein kasar (mg/ml)

155 = Koefisien ekstingsi MDA-TBA pada 532 (mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>)

#### 10. Aktivitas Superoksida Dismutase (SOD)

Proses uji aktivitas SOD dimulai dengan persiapan buffer dan reagen yang diperlukan. Pertama, disiapkan larutan stok 200 mM Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> dan 200 mM NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>. Dari kedua larutan stok ini, dibuatlah buffer utama yaitu PBS 100

mM (pH 7,8) dengan mencampurkan 91,5 ml stok  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 8,5 ml stok  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , dan 100 ml  $\text{ddH}_2\text{O}$ . Selain itu, disiapkan juga larutan reagen lainnya yaitu 1 mM EDTA-2Na, 130 mM metionin, 750  $\mu\text{M}$  Nitroblue Tetrazolium (NBT), dan 20  $\mu\text{M}$  riboflavin, dimana larutan NBT dan riboflavin harus disimpan dalam gelap. Setelah semua reagen siap, dilakukan ekstraksi enzim dengan menghaluskan 0,2 g sampel daun segar dalam nitrogen cair, lalu dihomogenisasi dengan 3 ml buffer PBS (pH 7,8). Campuran ini disentrifugasi pada  $10.000\times$  g selama 20 menit pada suhu  $4^\circ\text{C}$ , dan supernatan yang mengandung enzim kasar diambil untuk pengujian. Untuk reaksi enzimatik, 50  $\mu\text{l}$  ekstrak enzim dimasukkan ke dalam 1 ml larutan reaksi (campuran semua reagen yang telah disiapkan). Dua tabung kontrol juga disiapkan yaitu Kontrol I (gelap) dan Kontrol II (terang) yang keduanya berisi larutan reaksi namun tanpa ekstrak enzim. Tabung sampel dan Kontrol II kemudian diinkubasi di bawah cahaya 4.000 lux selama 10-15 menit, sementara Kontrol I tetap dalam gelap. Langkah terakhir adalah mengukur absorbansi pada panjang gelombang 560 nm menggunakan spektrofotometer, dengan Kontrol I berfungsi sebagai larutan referensi (blanko), untuk menentukan tingkat penghambatan reaksi oleh enzim SOD (Tianzi dan Baolong, 2016). Aktivitas total SOD dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Aktivitas SOD (u/mg protein)} = \frac{\text{Ack} - \text{As}}{0,5 \times \text{Ack} \times \text{Vt} \times \text{Cp}}$$

Keterangan:

Ack = Absorbansi Kontrol II pada panjang gelombang 560 nm

$A_s$  = Absorbansi sampel pada 560 nm

$V_t$  = Volume ekstrak kasar yang digunakan dalam pengujian

$C_p$  = Konsentrasi protein kasar (mg/ml)

0,5 = Konstanta yang mendefinisikan satu unit SOD sebagai jumlah enzim yang menghambat 50% fotoreduksi nitroblue tetrazolium

#### 11. Laju Respirasi Buah (mg CO<sub>2</sub>/kg/jam)

Laju respirasi dilakukan ditentukan menggunakan metode titrasi. Buah tomat diletakkan pada wadah tertutup yang telah dilubangi dan diberi selang platik. Simpan buah tomat sesuai dengan metode yang dianjurkan. Sampel dialirkan udara dengan laju 1 L/menit selama 2 menit yang telah melewati larutan Ca(OH)<sub>2</sub> jenuh. Selanjutnya, udara dialirkan ke larutan NaOH 0,05 N sebanyak 5 ml dan kemudian ditambahkan indikator fenolftalein 0,1% lalu dititrasi dengan HCl 0,05 N hingga warna merah hilang. Larutan blanko dititrasi dengan HCl 0,05 N sebagai faktor koreksi. Laju respirasi dihitung dengan menggunakan rumus (Widyanti *et al.*, 2022) sebagai berikut:

$$\text{Laju Respirasi} = \frac{(\text{ml blanko} - \text{ml contoh}) \times N \text{ HCL} \times \text{BM CO}_2}{2 \times \text{Bobot produk (k)} \times \text{waktu (jam)}}$$

#### 12. Lama Simpan Buah

Buah tomat setelah panen dimasukkan dalam plastik mika kemudian simpan pada suhu ruang (20 – 27°C). Setiap satu minggu sekali buah tomat dicek dengan dilakukan pengukuran parameter kualitas fisik buah. Pada hari pertama setelah panen, sebelum dilakukannya penyimpanan, buah tomat dilakukan pengujian awal terlebih dahulu sebagai kontrol awal (Kader, 2002).

### 13. Susut Bobot Buah (%)

Pengukuran susut bobot buah dilakukan selama 15 hari dan diukur setiap 2 hari sekali. Kehilangan bobot buah ditentukan dari pengurangan bobot buah dengan rumus (Zhu *et al.*, 2017) sebagai berikut:

$$Weight\ loss = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

Keterangan:

$W_i$  = Bobot sampel awal

$W_f$  = Bobot sampel akhir

### 3.2.4. Analisis Data

Model linier matematika yang digunakan pada Rancangan Acak Lengkap Faktorial adalah sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + K_i + S_j + (KS)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Keterangan:

$Y_{ijk}$  = Nilai pengamatan akibat pengaruh konsentrasi kalium taraf ke- i dan konsentrasi selenium ke-j pada ulangan ke-k

$\mu$  = Nilai tengah dari total perlakuan

$K_i$  = Pengaruh konsentrasi kalium ke-i ( $i = 1,2,3,4$ )

$S_j$  = Pengaruh konsentrasi selenium ke-j ( $j = 1,2,3$ )

$(KS)_{ij}$  = Pengaruh interaksi antara konsentrasi kalium ke-i dan selenium ke-j

$\epsilon_{ijk}$  = Pengaruh galat percobaan yang disebabkan oleh perlakuan konsentrasi kalium ke-i dan selenium ke-j

Hipotesis statistik yang diuji dalam penelitian:

1) Pengaruh utama faktor perlakuan konsentrasi kalium

H0 :  $K_1 = K_2 = K_3 = K_4 = 0$ ; Tidak ada pengaruh konsentrasi kalium terhadap respon fisiologis tanaman tomat.

H1 : Paling sedikit ada satu  $K_i \neq 0$ ; Terdapat pengaruh konsentrasi kalium terhadap respon fisiologis tanaman tomat.

2) Pengaruh utama faktor perlakuan konsentrasi selenium

H0 :  $S_1 = S_2 = S_3 = 0$ ; Tidak ada pengaruh konsentrasi selenium terhadap respon fisiologis tanaman tomat.

H1 : Paling sedikit ada satu  $S_i \neq 0$ ; Terdapat pengaruh konsentrasi selenium terhadap respon fisiologis tanaman tomat.

3) Pengaruh Interaksi faktor perlakuan perbedaan konsentrasi kalium dan faktor perlakuan selenium

H0 :  $K_1S_1 = K_1S_2 = K_1S_3 = \dots K_4S_3 = 0$ ; Tidak ada pengaruh interaksi antara konsentrasi kalium dan selenium terhadap respon fisiologis tanaman tomat.

H1 : Paling sedikit ada satu  $K_iS_j \neq 0$ ; Terdapat pengaruh interaksi antara konsentrasi kalium dan selenium terhadap respon fisiologis tanaman tomat.

### Analisis Statistik

Data hasil penelitian selanjutnya diolah secara statistik dengan prosedur *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan taraf 5% untuk mengetahui adanya pengaruh perlakuan. Apabila menunjukkan pengaruh perlakuan yang nyata, maka dilakukan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan taraf 5%.